

## 부순모래를 활용한 모르타르의 기초물성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Physical Properties  
of Mortar Using Crashed Sand

박종호\*      문형재\*      나철성\*\*      최세진\*\*\*      이성연\*\*\*\*      김무한\*\*\*\*\*  
Park, Jong-Ho      Moon, Hyung-Jae      Na, Chul-Sung      Chio, Se-Jin      Lee, Sung-Yun      Kim, Moo-Han

## Abstract

Recently, Trouble of sand supply is occurred according to exhaustion of natural sand resources. therefore, various measures are proposed for solution of trouble of sand supply and crushed sand among measures is used as one of most universal measures. but crushed sand which have poor particle shape and plenty of makes micro particle the quality of concrete deteriorated. Therefore, this study evaluated physical properties of mortar using crushed sand and applied evaluation result to fundamental data

The result of this study have shown that quality of mortar using crushed sand independently is poor against general mortar. but, mortar flow and compressive strength is increased in case of using crushed sand according to mixing ratio properly.

키워드 : 부순모래, 모르타르, 기초물성

Keywords : Crushed sand, Mortar, Physical Properties

## 1. 서론

현재 국내 잔골재의 수급현황을 살펴보면 천연잔골재 자원의 고갈로 인하여 잔골재의 공급의 어려움이 발생하고 있는 실정이며 이러한 문제를 해결하기 위하여 부순모래, 순환모래, EEZ모래, 중국산 모래 및 북한산 모래 등 다양한 해결방법이 제시되고 있으며 이 중 부순모래가 가장 일반적으로 사용되고 있는 실정이다. 그러나 부순모래의 경우 천연모래에 비하여 입형이 불량하고 미립분량이 많아 전반적으로 콘크리트의 품질이 저하되는 경향이 있으며 이에 따라 천연모래와 혼합하여 사용하고 있다.

한편 이러한 부순모래의 사용은 천연모래자원의 고갈로 인하여, 잔골재의 가격 상승함에 따라 레미콘 제조현장에서는 레미콘 제조단가의 상승을 감소시키기 위하여 사용비율을 증가시키고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 부순모래를 사용한 모르타르의 기초물성에 관하여 실험실중적으로 검토함으로써 향후 부순모래를 사용한 콘크리트의 품질관리를 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

## 2.1 실험계획 및 배합

표 1은 부순모래를 사용한 모르타르의 기초물성을 실험실중적으로 검토하기 위한 실험계획 및 배합을 나타낸 것으로 일반적으로 레미콘 제조현장에서 사용되는 물결합재비 50%의 배합을 선정하여 천연모래의 조립율을 2.5 및 2.9의 2수준으로 설정하고 부순모래의 조립율을 2.7, 3.0, 3.3 및 3.6의 4수준으로 설정한 후 부순모래의 대체율을 0, 25, 50, 75 및 100%의 5수준으로 설정하였다. 또한 비빔직후 굳지않은 성상을 검토하기 위하여 모르타르 플로우 및 공기량을 측정한 후 재령에 따라 압축강도를 측정하였다.

## 2.2 사용재료

실험에서 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타낸 바와 같으며 시멘트는 비중 3.15의 1종 보통포틀랜드시멘트, 혼화제는 보령산 비중 2.13의 플라이애시를 사용하였다. 혼화제는 현재 레미콘 제조현장에서 주로 사용되는 0.5% Type 나프탈렌계 고성능감수제 및 AE제를 사용하였다.

또한, 본실험에서 사용된 잔골재의 물리적 성질은 표 3에 나타낸바와 같으며 천연모래의 경우 조립율 2.9의 모래를 입도조정하여 조립율 2.5의 모래를 제조하였으며 부순모래의 경우는 조립율 3.0의 부순모래를 입도조정하여 조립율 2.7, 3.3 및 3.6의 부순모래를 제조하였다. 표 4는 천연모래와 부순모래의 조립율별 부순모래 대체율에 따른 혼합사 조립율의 변화를 나타낸 것으로 부순모래 조립율 2.7 및 3.0은 모든 대체

\* 충남대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 충남대학교 일반대학원 건축공학과 박사과정, 정회원

\*\*\* (주) 삼표 기술연구소 책임연구원, 공학박사, 정회원

\*\*\*\* (주) 삼표 기술연구소 소장, 공학박사, 정회원

\*\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사, 정회원

표 1. 실험 계획 및 배합

시리즈	W/B (%)	천연모래 조립율 (F.M.)	부순모래 조립율 (F.M.)	부순모래 대체율 (%)	플라이애시 대체율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	측정 항목		재령 (일)
							굳지않은 정상	경화정상	
I	50	1.5	2.7	0	15	175	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 플로우 (cm)</li> <li>■ 공기량 (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 압축강도 (MPa)</li> </ul>	3
			3.0	25					7
II	50	2.0	3.3	50	15	175	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 플로우 (cm)</li> <li>■ 공기량 (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 압축강도 (MPa)</li> </ul>	28
			3.6	75					100

울에서 표준입도분포를 만족하고 부순모래 조립율 3.3 및 3.6 은 대체율 50~75% 수준까지 표준입도분포를 만족하였다.

### 2.3 시험체 제작 및 시험방법

시험체제작은 모르타르 믹서기를 이용하여 시멘트, 플라이 애시 및 모래를 30초간 건비빔을 실시하고 물 첨가 후 60초, 고성능감수제 첨가 후 60초 비빔을 실시하여 총 2분 30초 비빔을 실시한 후 압축강도를 측정하기 위하여 50×50×50 mm의 공시체를 제작한 후 50±5°C의 고온수중양생을 실시하였다.

모르타르의 플로우 측정은 KS L 5111 시멘트 시험용 플로 테이블에 규정된 플로우 측정용 형틀과 플로우테이블을 이용하는 KS L 5105에 규정된 방법에 준하여 실시하였으며 플로우의 측정은 형틀을 제거한 후 모르타르의 퍼짐이 정지된 시점에서 직교하는 두 방향의 지름을 mm단위까지 측정하고 그 평균을 플로우로 하였다. 모르타르의 공기량 측정은 공기량 시험은 KS F 2421 콘크리트 공기량 시험에 준하여 실험을 실시하였으며 콘크리트용 공기량 측정기 대신에 독일산 모르타르용 공기량 측정기를 사용하여 실험을 실시하였다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

종 류	물리적 성질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 (비중 3.15, 분말도 3770 g/cm <sup>2</sup> )
혼화재	플라이애시 (보령산, 비중 2.13, 분말도 2976 g/cm <sup>2</sup> )
혼화제	0.5% Type 고성능 나프탈렌계 감수제 AE 제

표 3. 잔골재의 물리적 성질

구 분	조립율 (F.M.)	절건밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	표건밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	흡수율 (%)	0.08 mm 체통과 백분율 (%)	입형판정 실적율 (%)
천연모래	1.5	2.56	2.58	0.60	1.30	60.58
	2.0	2.56	2.58	0.60	1.30	60.58
부순모래	2.7	2.58	2.61	0.73	2.75	54.29
	3.0	2.58	2.61	0.73	3.54	54.29
	3.3	2.58	2.61	0.73	3.10	54.29
	3.6	2.58	2.61	0.73	2.70	54.29

압축강도의 측정은 KS L 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법에 규정되어 있는 50×50×50mm의 입방형

시험체를 제작하여 50±5°C에서 수중양생을 실시한 후 재령 3, 7 및 28 일에 UTM(Universal Test Machine)을 이용하여 측정을 실시하였다

표 4. 천연모래와 부순모래의 조립율별 부순모래 대체율에 따른 혼합사 조립율의 변화

천연 모래 조립율 (F.M.)	부순 모래 조립율 (F.M.)	부순모래 대체율 (%)									
		0		25		50		75		100	
		조립율	표준 입도 분포	조립율	표준 입도 분포	조립율	표준 입도 분포	조립율	표준 입도 분포	조립율	표준 입도 분포
2.5	2.7	2.50	O	2.55	O	2.60	O	2.65	O	2.70	O
	3.0	2.50	O	2.61	O	2.73	O	2.85	O	3.00	O
	3.3	2.50	O	2.69	O	2.89	O	3.09	X	3.30	X
	3.6	2.50	O	2.77	O	3.04	O	3.32	X	3.60	X
2.9	2.7	2.90	O	2.84	O	2.79	O	2.74	O	2.70	O
	3.0	2.90	O	2.91	O	2.93	O	2.95	O	3.00	O
	3.3	2.90	O	2.99	O	3.08	O	3.18	X	3.30	X
	3.6	2.90	O	3.06	O	3.24	X	3.42	X	3.60	X

## 3. 실험결과의 검토 및 분석

### 3.1 모르타르 플로우 및 공기량의 변화

모르타르 플로우 및 공기량은 그림 1 및 그림 2에 나타난 바와 같이 모르타르 플로우는 천연모래 조립율 2.5의 경우 부순모래의 조립율에 관계없이 부순모래 대체율이 증가할수록 플로우는 증가하는 것으로 나타났으며 천연모래 조립율 2.0의 경우도 부순모래의 조립율에 관계없이 대체율이 증가할수록 플로우가 증가하는 것으로 나타났다. 한편 기존의 연구에서는 일반적으로 부순모래의 입형이 불량하고 미립분량이 많아 부순모래의 대체율이 증가할수록 플로우는 감소하는 것으로 보고되고 있으나 본 실험에서 사용된 부순모래의 경우 기존의 부순모래에 비하여 입형이 개선되고 미립분의 양이 2.7~3.5%의 수준으로 감소되어 플로우가 증가하는 것으로 사료되며 향후 콘크리트 실험을 통한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

또한 모르타르 공기량은 천연모래 조립율 2.5의 경우 부순모래의 조립율에 관계없이 부순모래 대체율이 증가할수록 공기량이 감소되는 것으로 나타났으며 천연모래 조립율 2.5의 경우도 부순모래의 조립율에 관계없이 부순모래 대체율이 증가할수록 공기량이 감소되는 것으로 나타났다.

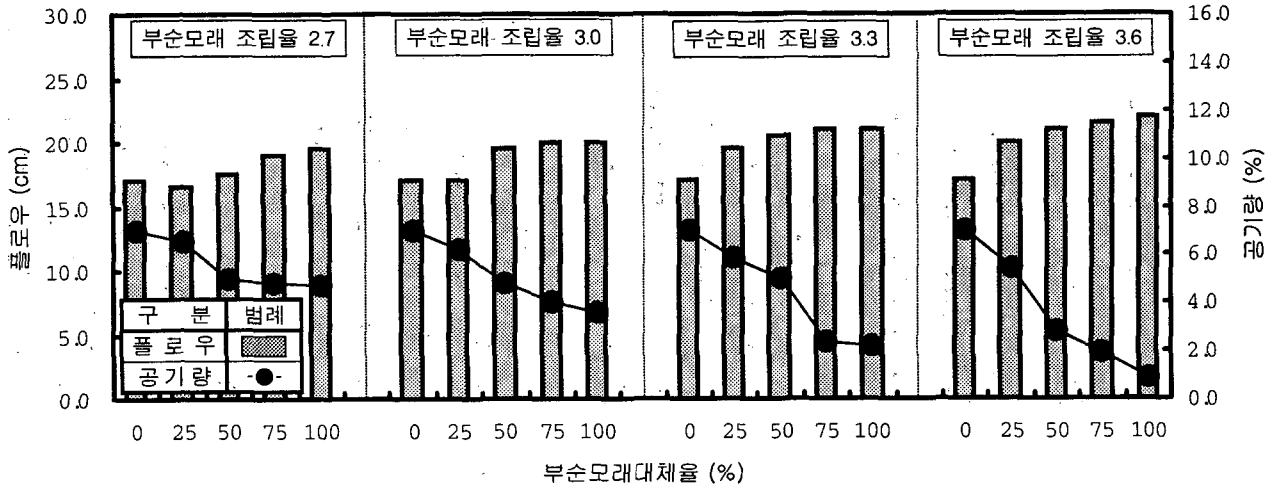


그림 1. 모르타르 플로우 및 공기량의 변화 (시리즈 I)

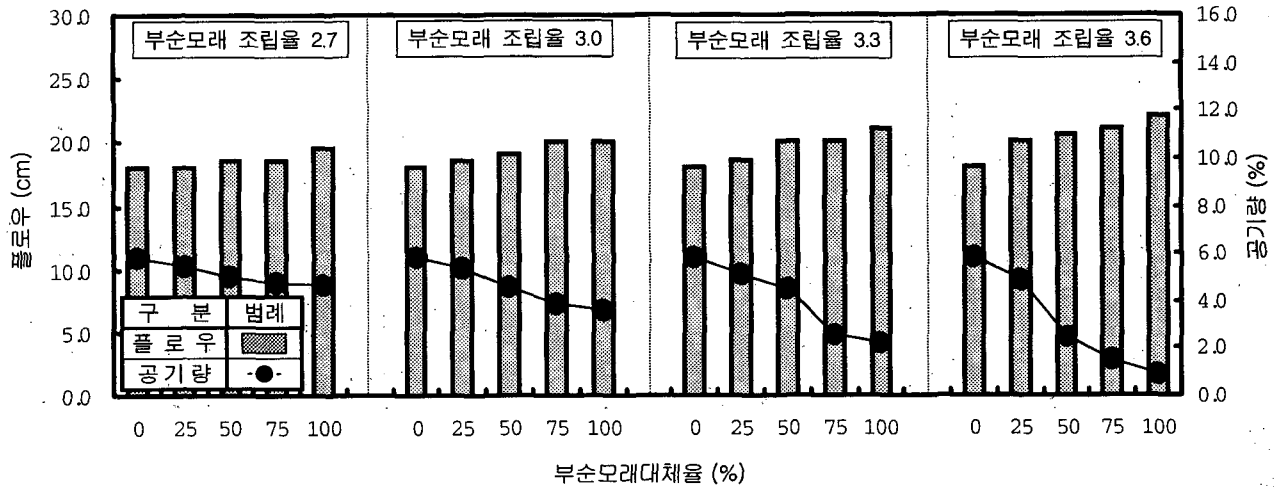


그림 2. 모르타르 플로우 및 공기량의 변화 (시리즈 II)

### 3.2 모르타르 압축강도의 변화

모르타르 압축강도의 변화는 그림 3 및 그림 4에 나타난 바와 같이 천연모래와 부순모래의 조립율 및 부순모래의 대체율에 관계없이 부순모래를 대체할 경우 대체율 0%에 비하여 높은 압축강도가 발현하는 것으로 나타났다.

천연모래 조립율 2.5의 경우 부순모래 조립율 2.7 및 3.0은 부순모래 대체율 100%까지 모르타르의 압축강도가 지속적으로 증가하였으며 부순모래 조립율 3.3 및 3.6은 부순모래 대체율 75%까지 압축강도가 증가하였으나 이후 다소 감소하는 것으로 나타났다.

천연모래 조립율 2.9의 경우 부순모래 조립율 2.7 및 3.0은 부순모래 대체율 75%까지 부순모래 조립율 3.3 및 3.6은 부순모래 대체율 50%까지 압축강도가 증가하였으나 이후 다소 감소하는 것으로 나타났다.

따라서 부순모래를 사용할 경우 천연모래만을 사용한 모르타르에 비하여 높은 압축강도를 발현하는 것으로 나타났으며 천연모래 및 부순모래의 조립율에 따라 가장 높은 압축강도를 발현하는 부순모래 대체율은 변화하는 것으로 나타났다.

### 4. 결 론

부순모래를 사용한 모르타르의 기초물성에 관한 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 천연모래 및 부순모래의 조립율에 관계없이 부순모래의 대체율이 증가할수록 플로우는 증가하고 공기량은 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 부순모래의 입형개선 및 미립분량의 감소되어 기존의 연구문헌과는 상이하게 부순모래 대체율이 증가할수록 플로우가 증가하는 것은 사료되며 이에 대한 콘크리트 실험을 통한 검증이 필요할 것으로 사료된다.
- 3) 부순모래를 사용할 경우 천연모래만을 사용한 모르타르에 비하여 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며 압축강도가 가장 높게 발현되는 부순모래의 대체율은 천연모래 및 부순모래의 조립율에 따라 변화하는 것으로 나타났다.

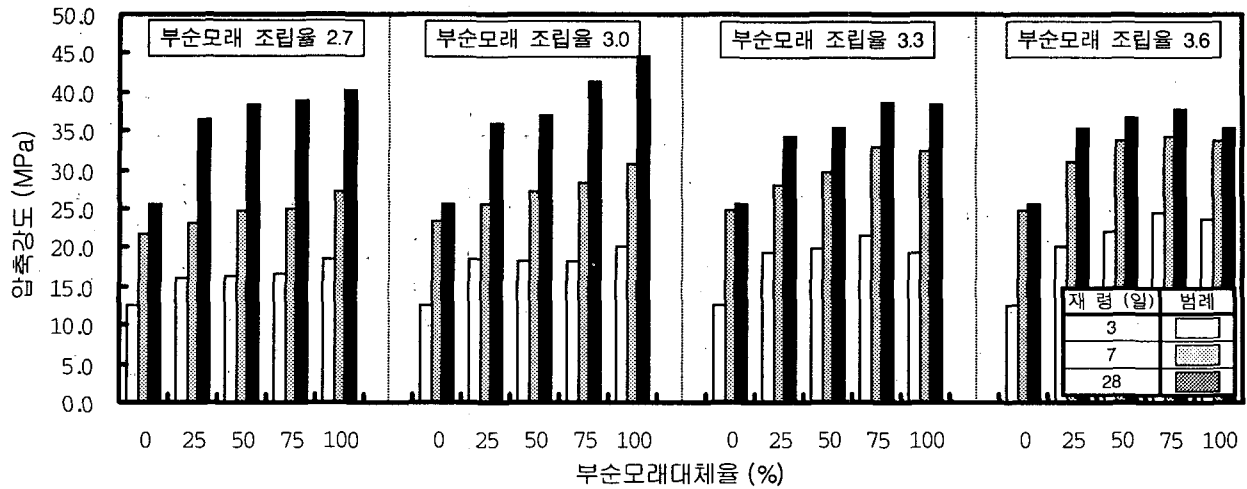


그림 3. 모르타르 압축강도의 변화 (시리즈 I)

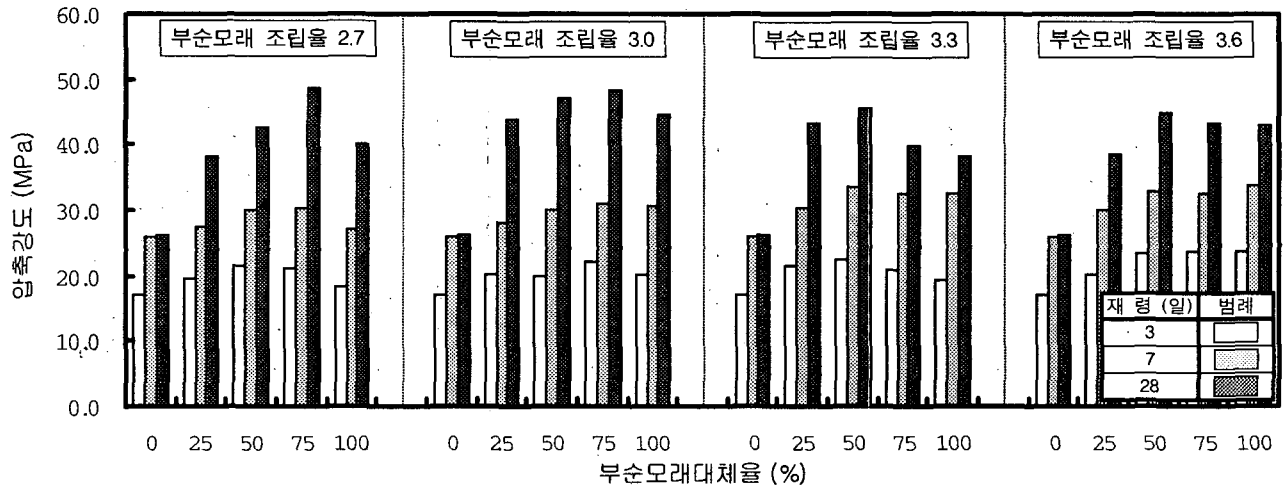


그림 4. 모르타르 압축강도의 변화 (시리즈 II)

### 감사의 글

본 연구는 (주)삼표 「부순모래를 활용한 콘크리트의 성능 향상 기술개발 및 실용화 방안」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. 김무한 외, 수도권 부순모래의 품질특성 및 부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 04 학술기술논문발표회 2004.05 pp.51-55
2. 堺孝司 外, 花崗巖系碎砂を用いたコンクリートに関する基礎的研究, 콘크리트工学論文集, 第15卷 第2號, 2004. 05, pp. 35-41
3. 이성복 외, 부순모래를 사용한 시멘트모르타르의 유동성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 12권 6호, 1996. 6, pp. 211-219